蘆筍之無機營養研究
二、氮及磷之營養對產量及品質之影響

Studies on Mineral Nutrition of Asparagus officinalis Linn.
(II) Effect of Nitrogen and Phosphorus Nutrition on Yield and Quality

林 鴻 淇 *

by

Hong-chi Lin

摘　　要

1. 由田間及盆栽試驗之結果可知，蘆筍在土壤水分缺乏時不再發生新嫩莖。此時已存在之地上植生部分之淨光合作用產物可蓄積於儲藏根中。經二至三個月後地上部擬葉衰老黃萎。如再予灌漑及施用氮肥，則嫩莖可連續發生，嫩莖生長迅速，能收齊一產品品質及供應之效。此原則可爲發展新的蘆筍栽培制度之參考。

2. 由於民國六十一年度多雨，田間試驗於每次施用氮肥後可促進嫩莖之發生。施用銨態氮肥及硝化抑制劑區產量及品質較好，此與氮之營養直接有關。保持氮肥之充分供給爲現行蘆筍栽培方法確保嫩莖之生長及品質之手段。

3. 嫩莖行硝酸根代謝時含有較多灰分及可滴定酸當量，能使製罐品質受不良影響。硝酸態氮促進莖葉之生長。行銨態氮營養之蘆筍根羣較發達，其根之單位重量所含儲藏物質較少，乃因銨促使根組織較擴張之結果。

4. 每發生一支嫩莖時同時發生一至三支幼儲藏根。嫩莖長成完全擬葉後，後面之擬葉所做的淨光合作用產物則轉運儲藏於屬於前面之多個擬葉之儲藏根中。新生的儲藏根有淨儲藏之形成，老儲藏根中之儲藏則移出而減少。

5. 用放射性磷爲追踪劑可推定蘆筍之鬚根乃由導管組織所組成。鬚根通過儲藏根之皮層而直接與儲藏根之中心柱之導管組織相連。由鬚根吸收之無機營養分大部分直接轉運到生長點；即嫩莖和幼根中或地上植生部分。嫩莖中硝酸根之供給量及其蓄積量與立地中之硝酸根濃度直接相關。

引　　言

氮之營養爲影響蘆筍品質之最重要原因之一。氮之供給強度及其化合態影響蘆筍中之有機及無機成分之組成。蘆筍之氮素營養中我們首先要探討氮之形態：NH_4^+ －N及 NO_3^- －N 對蘆筍組成之影響。從原理上推論，NH_4^+ 成陽離子吸收；NO_3^- 成陰離子吸收。假定我們對養分之吸收適用Lundegardh的陰離子呼吸（ Anion respiration ）模式，則生物體內爲維持電中性；伴隨 NH_4^+ 之吸收必有相等當量的陰離子被吸收，伴隨 NO_3^- 之吸收必有等當量的陽離子被吸收。其結果蘆筍之化學組成，必因其養分吸收之差異而有所不同。行 NH_4^+ 營養者其非金屬成分可能比行 NO_3^- 營養者相對地多；反之，行 NO_3^- 營養者之金屬成分可能比行 NH_4^+ 營養者相對地多，另一方面現在把蘆筍罐頭之脫錫歸因於 NO_3^- 離子。NO_3^- 雖增大反應系之氧化還原電位差，然而假如反應系中有能與脫錫產物（ Sn^{++} ）成 chelate 而將 Sn^{++} 從反應系予以除去之物質存在時必使反應更利於進行，脫錫因而加劇。營 NO_3^- 之營養時，假定所吸收的陰、陽離子相等，但 NO_3^- 可能因還原而消滅，生物體內鹼性增強，形式上如下式所示：

* 國立臺灣大學農化系教授

$$NO_3^- + 8H^+ + HOH \longrightarrow NH_3 + 3H_2O + OH^-$$

此時生物體通常產生有機酸予以補償，以維持生物體內之電中性。所產生之常見有機酸而能與 Sn^{++} 成chelate之要者有 oxalate，citrate，malate 等。

由文獻已知，當以蘆筍製罐時，單獨 NO_3^- 離子之存在，NO_3^- 不促進罐頭之脫錫。如有易與 Sn^{++} 成鉗形化合物之有機酸，特別是如檸檬酸或蘋果酸等羥酸存在時，NO_3^- 才具有顯著之促進脫錫效應。此可由下表看出。

罐頭蘆筍含錫分佈	ppm Sn
汁　液	97
筍全部	176
罐中部筍	244
罐邊部筍（3cm）	300
筍　尖	316
筍　莖	140

由表中可看出，罐頭之脫錫在蘆筍罐頭內容物中之分佈。在蘆筍，幼組織代謝旺盛，TCA-cycle 中所產生之大量有機酸將滲透擴散進來的 Sn^{++} 予以變成 chelate 使其固定在罐頭內之固形物中，尤其在筍尖之情形爲然，而溶液中 Sn^{++} 爲保持與鐵皮錫之電動勢平衡，須達到一定濃度，故如固形物有相當大的固定錫的容量，繼續將 Sn^{++} 從平衡系中移去時，就會使罐頭鐵皮上之錫不斷溶解出來，於罐頭食品檢驗時，Sn^{++} 之容許濃度爲全部內容物之平均含錫量，故蘆筍如於栽培過程中，營養之供給調節不當，則其產品必使食品工業上之加工發生極大困擾，故根本改善蘆筍罐頭品質之道乃在於栽培本身。良好之蘆筍因此可能爲含灰分少，有機酸少而生長快速（ succulent form ）的幼筍。

試驗材料及方法

一、田間試驗：仍延續自 1970 年 10 月 25 日設於彰化縣溪州鄉之試驗田。供試品種爲UC 309，4 種處理：

1. 銨態氮區（ 硫酸銨 ）
2. 銨態氮加用硝化抑制劑區（ AM600g／10a ）
3. 硝酸態氮區（ 硝酸鈣 ）
4. 無氮區

6 重複逢機區集設計，畦 $12m \times 1.2m = 14.4m^2$，試驗區之土壤理化性質則見於上年度報告中。各試區皆施用 3 噸／10a之堆肥。肥料施用率爲：

$$N : P_2O_5 : K_2O = 60 : 15 : 30 \ (kg / 10a)$$

其施用量之月別分配百分率如表一所示

表一　施肥量之月別分配率（%）

肥料＼月份	61.3月	4　月	5　月	6　月	8　月	9　月
堆　　肥	100					
氮　　肥	15	10	10	35	15	15
磷　　肥	25	50		25		
鉀　　肥	20	10	10	40	10	10

二、組織化學組成之分析

由各試區掘出植株全部根盤，經清洗後，依儲藏根在根冠上之發生次序予以分開；鬚根則收集併爲每株一個樣品，各分別作化學組成之分析：

儲藏根撕裂後，在鼓風乾燥箱以 70°C 緩慢烘乾數日，再以 105°C 乾燥之。其重量差爲水分含量。研碎後，取其分量灰化之；灰分供K,P,Ca,Mg定量之用。另取其分量以水煮抽出醣，醣以還元銅法定量之。殘渣再先後用 1.25 %之硫酸溶液及氫氧化鈉溶液在回流裝置下煮沸各一小時後，過濾洗淨之，其乾重爲粗纖維。

嫩莖則沿縱軸予以剖開，取其分量定量其灰分含量及組成；另取其分量予以研碎並以乙醇抽出其有機酸。抽出物水溶液用 0.1N NaOH 溶液在玻璃電極下滴定，取其在 pH7時之滴定數作爲其酸當量。硝酸之定量用Woolley之比色速測法測定之。此法亦用於土壤中 NO_3^- 之測定。

其他與本試驗有關之盆栽（砂耕）及水耕輔助試驗則於討論中提要敍述之。

結果及討論

一、肥料處理對嫩莖之產量及等級分配率之影響

依現行一般方法採收嫩莖。嫩莖之各等級支數及鮮重分別記錄之，並予以作統計分析。

產量之調查記錄列於表二至五中。變方分析結果列於表六中。產量調查經變方分析結果顯示：處理間達極顯著（※※）或顯著（※）之差異，簡略示如表七。

六十一年度異常多雨，施用硝化抑制劑（AM）對防止銨之流失似爲導致極顯著增產之主因。

由六十一年度之異常氣候，對蘆筍之生態及營養尚導致下列之觀察結果：

1. 土壤水分及氮肥對嫩莖出芽及擬葉生態之影響

民國六十一年，臺灣中部自六月中旬以後至八月上旬連續下雨，其他月份雨量也較往年多。嫩芽產量普遍減少，且多較纖細。地上植生部分之擬葉有較長的壽命（life span）由表一及表四可得如圖一所示之蘆筍嫩莖發芽率與施肥之關係。由圖可看出，於每次施用氮肥後十天內產量有一高峯之出現。六月中旬至九月初因連續下雨，可製罐之蘆筍產量寥寥無幾，此可能導因於過多水分及因此而使施用之氮肥及土壤之可溶性氮素流失之結果（見 2 節）。因此我們以盆栽做生理生態之觀察：將盆栽之蘆筍使其缺水，則地上部擬葉之壽命依水分之缺乏程度之遞增而壽命遞減，自發芽至枯黃衰老（Senescence）爲 2 — 3 個月間。乾旱期間沒有新的嫩莖之產生。於澆水後通常於三至七天內卽有嫩莖之發生，尤其施用氮肥溶液時，此效應特別靈驗。因此這事實可能應用於生產及栽培上。

(A)乾燥時抑制新芽之發生，可能促進炭水化合物於儲藏根中之儲藏。

(B)於擬葉衰老及儲藏根中有大量儲藏時予以灌漑及施用氮肥，則促進嫩芽之發生。在生產上有兩種利益：(1)調節原料供給及農場工作時間之齊一。(2)增進蘆筍之品質。後者乃基於有大量炭水化合物儲藏及有大量氮之供應，如此則嫩莖之生長勢強，發芽生長迅速，因而可得較粗大幼嫩的蘆筍。

2. 土壤中氮之變化與蘆筍中 NO_3^- —N含量之關係

六十一年試驗地自 6 月中起至 9 月初旬不斷下雨。各月份所採之蘆筍 NO_3^- 含量由 10 — 20ppm 皆遞減至 1ppm 以下。經追踪試驗地中氮之變化；有機物含量在各處理中皆由 3.5%遞減至 3 %以下，全氮量遞減至 0.19 % 以下，而 NO_3^- 含量則皆減至 5ppm 左右（圖二）。由此觀之，蘆筍嫩莖中 NO_3^- 之含量直接受土壤中 NO_3^- 之供給強度所支配。爲了解上述現象，乃用盆栽砂耕栽培蘆筍，各以 NO_3^- —N及 NH_4^+ —N之培養液，每週更新培養液處理六星期後予以分別分析蘆筍幼根及幼莖中 NO_3^- 之含量，蘆筍於每長出一幼莖時同時形成一至三支儲藏根，最初期間兩者之生長皆靠儲藏根之能源及鬚根吸收的養分。分析結果如表八。

由表八可知，以含 NO_3^- —N培養液用砂耕法栽培之蘆筍，因 NO_3^- 之供給較多，在幼根及幼莖中有大量 NO_3^- —N之蓄積。在施用 NH_4^+ —N培養液之砂耕蘆筍幼根中仍蓄積有相當量之 NO_3^- ，其來

表二　嫩莖產量及各級產品分配表

處理別（kg/10a）	一級 支	%	二級 支	%	三級 支	%	合計 支	%
1 銨態氮區	11936	47.57	6484	25.84	6670	26.58	25090	100
2 銨態氮＋AM區	13015	49.12	7018	26.49	6461	24.39	26494	105.60
3 硝酸態氮區	13015	47.97	6798	25.05	7320	26.98	27133	108.14
4 無氮區	10916	47.34	6542	28.37	6148	26.67	23606	94.09
平均	12221	47.47	6711	26.23	6650	25.60	25582	101.97

表三　嫩莖重分析表

處理別（kg/10a）	一級 公斤	%	二級 公斤	%	三級 公斤	%	合計 公斤	%
1 銨態氮區	248	65.44	85	22.43	46	12.14	379	100
2 銨態氮＋AM區	260	65.16	94	23.56	45	11.28	399	105.28
3 硝酸態氮區	248	63.92	90	23.20	50	12.89	388	102.37
4 無氮區	217	62.72	87	25.14	42	12.14	346	91.29
平均	243	64.29	89	23.54	46	12.17	378	99.74

表四　每月產量表

處理別	產量%＼月旬	5上	5中	5下	6上	6中	8全	9中	9下	10上	10中	10下	合計
1銨態氮區	產量 g	655	1022	508	817	276	314	553	499	255	395	160	5454
	%	12.01	18.74	9.31	14.98	5.06	5.76	10.14	9.15	4.68	7.24	2.93	100
2銨態氮＋AM區	產量 g	779	1046	577	883	225	351	501	520	318	433	122	5745
	%	13.56	18.21	10.04	15.37	3.92	6.11	8.82	9.05	5.54	7.36	2.12	100
3硝酸態氮區	產量 g	613	1006	583	899	278	321	522	503	293	430	140	5588
	%	10.97	18.00	10.43	16.09	4.97	5.74	9.34	9.00	5.24	7.69	2.51	100
4無氮區	產量 g	639	799	503	773	233	320	491	471	251	370	123	4973
	%	12.85	16.07	10.11	15.54	4.69	6.43	9.87	9.47	5.05	7.44	2.47	100

表五　小區產量表

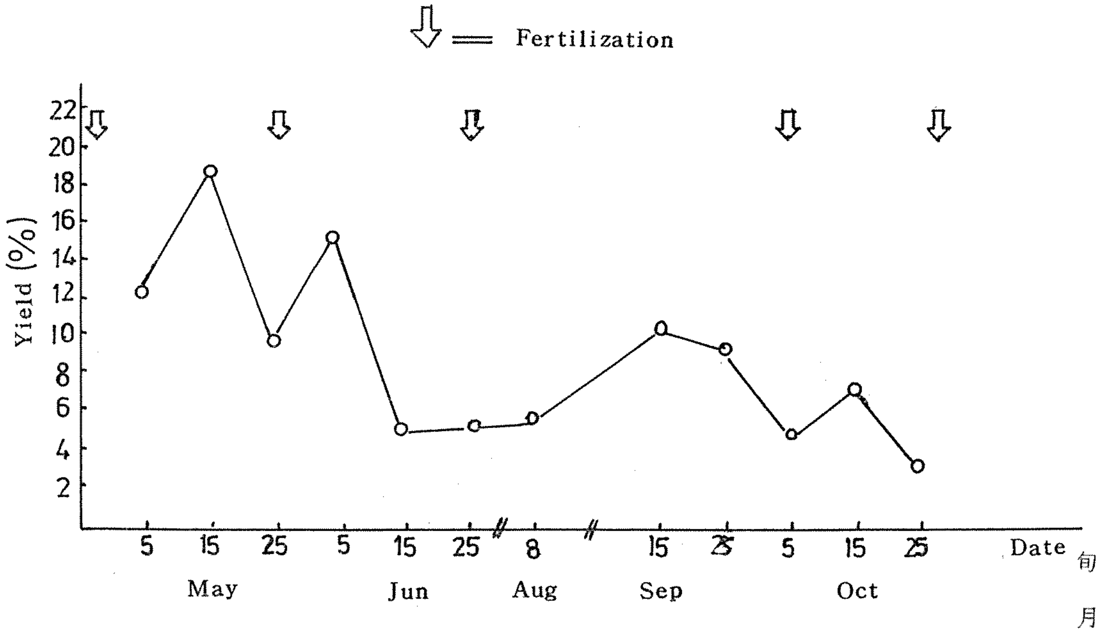
處理別＼區集	I	II	III	IV	V	VI	合計	平均
1銨態氮區	5450	5680	5710	5270	5615	4990	32715	5453
2銨態氮＋AM區	5740	5555	5380	6285	5465	6030	34455	5743
3硝酸態氮區	5970	5725	5860	5210	5685	5080	33530	5588
4無氮區	4845	5355	4330	5515	4970	4820	29835	4973
合計	22005	23315	21280	22280	21735	20920	130535	—

表六　產量變方分析表

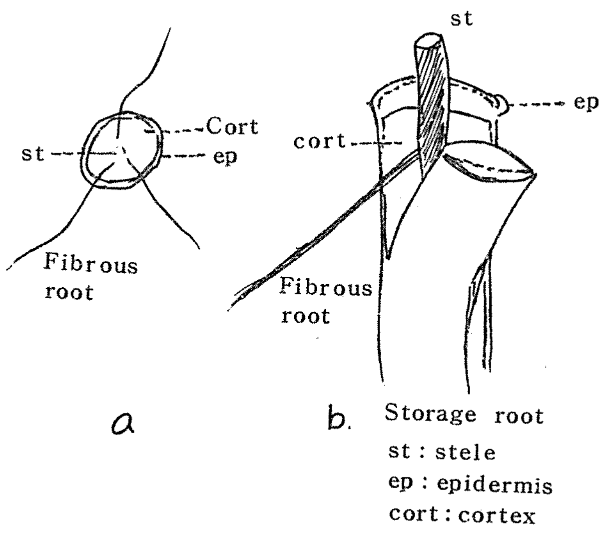
變因	自由度	平方和	均方	F 值	理論 F 值 5%	理論 F 值 1%
區集	5	393743	78749	0.55	2.90	4.56
處理	3	1973303	664434	4.61*	3.29	5.42
機差	15	2160453	144030			
總計	23	4547499				

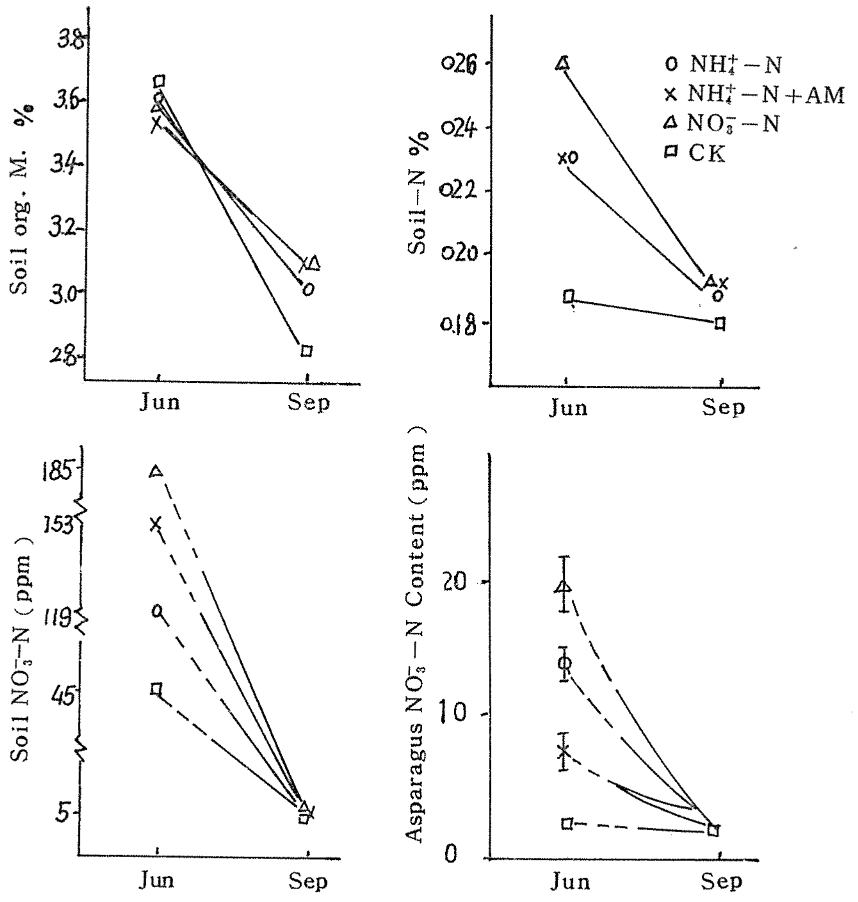
表七　六十一年度蘆筍田間試驗產量及其差異

處理別	銨態氮＋AM	硝酸態氮區	銨態氮區	無氮區
平均產量 g/14.4 m²	5743**	5588*	5453*	4973



圖一　1972年每旬產量百分比與施肥之關係





圖二　不同氮處理之土壤及蘆筍中氮組成分之變化

表八　NO_3^- 及 NH_4^+ —N培養液對砂耕蘆筍組織中組成之影響

處　　　　　　　理	蘆　　筍　　組　　織	NO_3^- —N (ppm N)
NO_3^- —N	幼　根	10.02
	幼　莖	6.06
NH_4^+ —N	幼　根	6.82
	幼　莖	1.44

源可能爲 NH_4^+ 在砂中很快部分被硝酸化菌所氧化之故。在兩種處理中，幼莖所含 NO_3^- —N皆較幼根中者爲低，可能爲由根轉移（ translocate ）過程中部分已被還原或在莖中由於莖受光化學作用，有較多能源ATP及NADPH之供給，因而大部分 NO_3^- 被還原，故於供給 NO_3^- —N較少時， NO_3^- —N在莖中僅有少量之剩餘。綜觀六十一年度產蘆筍中 NO_3^- —N普遍含量減低，可歸因於雨水將NO_3^-—N淋洗之故。

二、不同氮處理對根組成之影響

上述田間試驗之4種不同氮處理已歷二年，故其根系之化學組成之型式可視爲不同氮營養之結果。經掘出根全部予以作化學分析，其結果如表九：

表九　不同氮處理對根系化學組成之影響

	NH_4 —N [1]	NH_4 —N+AM [2]	NO_3 —N [3]	CK [4]
N_{total} (%)	0.196	0.~~224~~	0.328	0.210
$N_{soluble}$ (%)	0.041	0.063	0.086	0.047
P (ppm)	1717	2178	2677	2502
K (mg／g　D.M.)	24.76	34.45	55.63	67.37
Ca (mg／g　D.M.)	2.25	3.51	3.38	3.50
Mg (mg／g　D.M.)	1.40	2.44	3.05	2.00

比較表九中NH_4—N及NH_4 —N＋AM與NO_3 —N三種不同營養所得蘆筍根之化學組成，可知：營NO_3—N營養之根含較多各種化學成分，而以NH_4爲氮營養者則化學成分含量較低。在此有二種可能，即 NH_4^+ 經作物吸收後須即刻將其胺化成有機化合物（胺基酸）以行去毒作用。因此營NH_3營養時使根有優先享用氮源之機會，根羣生長較大；另一方面在擬葉中，因氮之供給較少，光合作用之產物不必用於作氮之代謝而可大量運輸到根，因此使根中之儲藏（碳水化合物）增加，故其要素含量降低，乃一種稀釋效應的結果。而營 NO_3^- 營養者則反是。在盆栽試驗觀察中發現， NO_3^- 較 NH_4^+ 更易促進莖葉之生長。且由（一，2）節可知， NO_3^- 很快就轉運到生長或代謝旺盛的組織中。因此光合作用之產物耗用於莖葉之代謝及生長中。故根之形成較阻滯，化學要素之含量因而較高。另一方面以 NO_3^- 爲營養之蘆筍根含金屬元素較多，尤以K^+及Mg^{++}特多，此結果與Lundegardh之anion respiration之養分學

說可相印證。

綜上結果 NO_3^- 及 NH_4^+ 之營養方法及其對蘆筍植物生理生態之影響及諸如對儲藏之形成，根羣之發展，此皆爲饒有興趣之問題。因根羣容量之大小，其儲藏之多少爲直接決定嫩莖產量，生長勢及品質之重要基礎。

三、不同氮營養對砂耕蘆筍根擬葉組成之影響

爲進一步探討銨態氮和硝酸態氮對蘆筍組織中之化學組成之影響，乃將於（一，2）節所述砂耕之蘆筍依其組織之發生次序分爲三組分析其化學組成，其結果列於表十（1至6）中。

表十 不同氮營養對砂耕蘆筍各種組織中化學組成之影響

(1)水分（%）

組織年齡	對照			NO_3-N 處理			NH_4-N 處理		
	儲藏根	鬚根	擬葉	儲藏根	鬚根	擬葉	儲藏根	鬚根	擬葉
老	75.6	88.1	67.4	78.0	89.7	71.0	87.3	88.7	73.9
中	75.6	89.3	69.1	79.1	84.9	68.3	88.5		79.3
幼	77.4		69:5	80.7	80.4	71.1	92.0		80.9

(2)可溶性醣（%Dr. M）

老	79.1	9.42	—	70.6	5.78	—	67.3	4.96	—
中	81.5	6.10		65.4	15.9		—	—	
幼	75.9	—		61.4	15.8		34.6		

(3)N（% Dr. M）

老	0.315	1.276	1.011	0.750	2.263	1.579	1.340		4.119
中	0.338	1.244	1.522	1.261		1.476	0.815	2.439	5.077
幼	0.596		1.953	1.642		2.990	4.875		4.399

(4)P（ppm）

老	608	1437	871	922	3521	1302	2029		3916
中	598	1480	1961	1387		1570	2989	2856	5154
幼	2220		2344	1874		2860	7148		4181

(5) Ca（mg Ca／g Dr. M.）

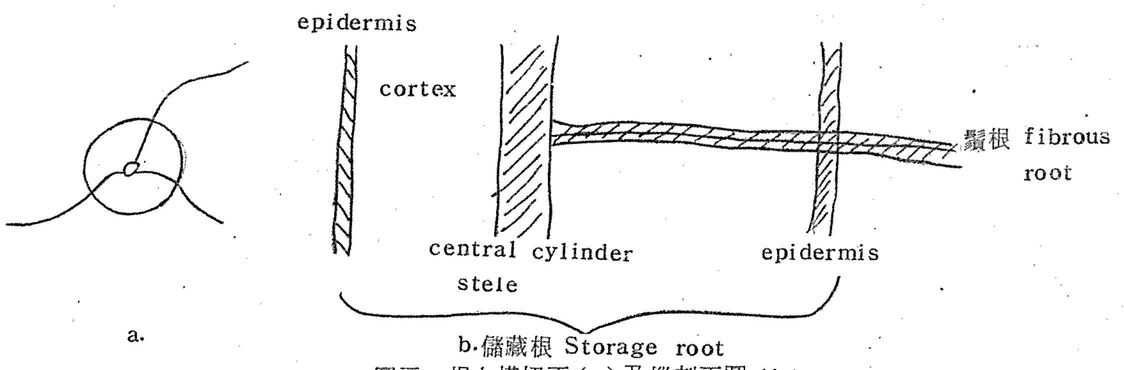
老	2.27	4.51	5.79	2.69	5.93	6.90			3.65
中	1.88		5.26	1.92		4.73		5.37	1.36
幼	1.50			1.20		1.79			

(6)K（mg K/g Dr. M.）

老	11.79	32.16	11.49	23.51	70.60	10.06	61.60		53.14
中	8.76	29.24	14.43	44.11		28.98	22.46	66.67	56.85
幼	3.72		17.35	44.66		50.60	28.59		54.95

水分因組織越老而相對減少，故水分可做爲年齡之指標。由表十(1)可知各蘆筍植株在採取分析樣品時所做的分別發生順序處理尙屬正確。鬚根之含水量測值較高，可能因採樣水洗後表面吸着之水難予吸乾之故。

鈣在植物體中較難移動，老組織中常有較多之蓄積，故亦可爲發生次序之指標。由表十(2)可知可溶性醣大量儲藏於儲藏根中。鬚根含可溶性醣很少。從組織解剖觀察亦可印證此兩種根之不同機能（圖三）



圖三 根之橫切面（a）及縱剖面圖（b）

儲藏根有很厚之皮層（cortex）而鬚根則皆由導管組織直接與儲藏根之中心柱相連。在表四中鬚根之無機養分含量皆較儲藏根爲高，乃由於未受儲藏物質稀釋之結果。 NO_3^- －N之營養結果Ca^{++} 在擬葉中含量較高（表四(5)）而 NH_4^+ －N之營養結果磷之含量較高，此皆符合養分吸收轉運之理論，在儲藏根中K^+之含量以 NO_3^- 爲營養時較以 NH_4^+ 者爲高，於擬葉中則反是。

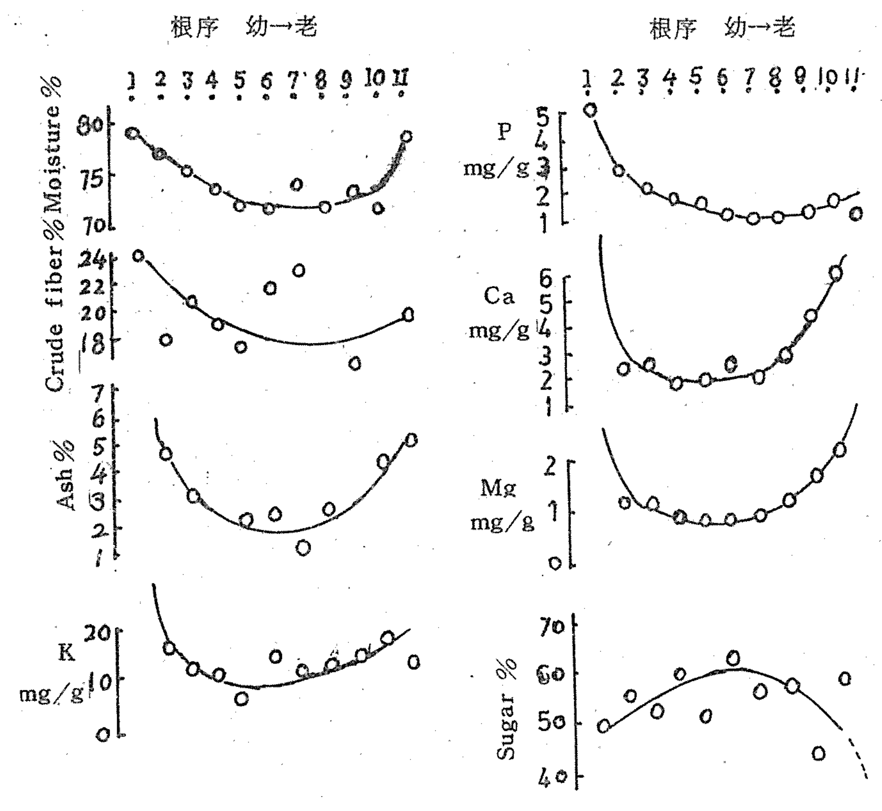
四、儲藏根中儲藏物之形成及移出

將前述盆栽之蘆筍在地上部休眠前，以噴水將砂洗去，取出全株，再按其儲藏根之發生相反順序予以分開，以最後形成者編爲1號，此後依年齡序編號，最末號爲老根之平均分析結果。分析項目包括：水分、粗纖維、灰分、還元（包括轉化）醣及鉀、磷、鈣和鎂等無機營養分之定量。其結果示如圖四。

圖四表示水分仍依年齡之遞增而遞減。灰分及無機營養分則以剛長成的根含量最高，以後依年齡遞增而遞減，表示根中因儲藏之碳水化合物增加而導致之稀釋效應。此可由醣含量曲線之因年齡遞增而遞增可互相印證。灰分及各種無機營養分之含量於第四至第六儲藏根達最低，而醣之含量則反之於此時達最高。從第八號根以後，各種無機營養分含量又遞增，醣分含量遞減，表示儲藏之移出。前已述及，每長出一嫩莖，通常同時長出一至三支儲藏根。故由結果可以看出屬於最後二至三支之能工作擬葉之儲藏根（1－8號）作儲藏物質之移入，而較老之根中的儲藏減少，可能由於移出用於新組織之生長。過老的儲藏根則常只留下空外表皮。

五、不同氮營養對蘆筍嫩莖組成之影響

於十一月廿一日採自台中之綠蘆筍，將之作下列化學分析：灰分、鉀、鈣、鎂以與用玻璃電極測定之可滴定酸當量（ titratable acids ）作比較，結果如表十一。



圖四 儲藏根中化學組成與年齡之關係

由表十一可看出，行 NO_3^- 營養之蘆筍中有較高的灰分、鉀、鈣和鎂的含量，而其可滴定酸當量亦較多。經以醋酸鉛沉澱有機酸，再以硫化氫予以遊離純製後，應用矽膠薄層色層分析可鑑定出，有機酸中以檸檬酸及蘋果酸爲最多。

表十一 綠蘆筍之化學組成與可滴定酸當量之關係（鮮重）

處理	灰分（%）	K（mg/g）	Ca（mg/g）	Mg（mg/g）	酸當量(m.e/g)
NO_3^-	0.760	1.72	0.35	0.24	0.067
NH_4	0.849	1.16	0.31	0.15	0.066
NH_4+AM	0.646	0.97	0.36	0.11	0.053
CK	0.593	0.77	0.30	0.09	0.051

六、磷之吸收及分佈

於含銨態氮及硝酸態氮的培養液中加入 P^{32} 放射性同位素，分別於培養室中用玻璃盆水耕栽培整株蘆筍根系，以壓縮空氣不斷通氣，使蘆筍發芽生長 7 至10天後取出水洗，分別嫩莖，儲藏根及鬚根測定其全磷酸含量及 P^{32} 之活性。由培養液中 P^{32} 之比活性推算在培養期間磷之吸收量及其新吸收磷在各組織中之分佈，結果示於表十二中。

由表十二可知由鬚根所吸收之磷大部直接運到嫩莖中，與前述 NO_3^- 之情形同。未運到莖者則大部

表十二 不同氮營養下蘆筍對磷之吸收及分佈

營養處理	組織	Ⅰ 總磷量 ppm	Ⅱ 吸收磷量 ppm	(Ⅱ/Ⅰ)×100	(Ⅱ/ΣⅡ)100
NH_4^+ 7天	嫩莖	25935	4625	17.83	74.18
	儲藏根	39900	690	2.40	15.39
	鬚根	1516	649	42.81	10.41
	Σ	67351	6234	9.25	
NO_3^- 7天	嫩莖	9975	1086	10.88	25.20
	儲藏根	15628	1582	10.12	36.72
	鬚根	1762	1640	93.07	38.06
	Σ	27365	4308	15.74	
NH_4^+ 10天	小嫩莖	316	20	6.58	0.53
	大嫩莖	13300	1281	9.63	34.53
	儲藏根	21945	359	1.64	9.67
	鬚根	13300	2049	15.40	55.24
	Σ	48861	3709	7.59	
NO_3^- 10天	嫩莖1	365	-179	49.04	2.29
	嫩莖2	1995	71	3.56	0.9
	嫩莖3	6650	876	13.17	11.21
	儲藏根	42560	822	1.93	10.52
	鬚根	26600	5860	22.03	75.05
	Σ	78170	7808	9.98	

份仍留在鬚根中。唯儲藏根仍爲主要儲藏磷及發芽時供給磷的地方，如第三節中所述，鬚根主要由導管組織所成而與儲藏根中央之維管束直接相通。鬚根所吸收之無機養分由上表之結果也可以推斷，較少做橫的運輸，不直接擴散出中心柱而進入儲藏組織中。由實驗結果可以推斷，各種無機養分似逕運到擬葉後，再運儲於儲藏根中。鬚根之總容量較小。由下列實驗可以看出，將整株蘆筍根移置培養液中並不斷予以通氣使其發芽長出嫩莖。經採收第一嫩莖後，移植於純水中，再連續採收三次，此實驗以 ^{32}p 爲標識劑，結果如表十三。

表十三 嫩莖中磷之來源

培養液組成	含N及 ^{32}p 培養液	水	水	水
$^{32}P/P$ total（%）	第一次摘取之嫩莖 34.13	第二次 1.87	第三次 2.46	第四次 0.61

由表十三可看出，於含有P之培養液中，所得之嫩莖，其 所含磷，新吸收之P佔很大部分。同一根系移植於水中時，大部分之磷皆來自儲藏根中者，此表示鬚根儲藏之容量有限，且由鬚根新吸收者大部分直接由導管運送到生長組織部位中。

結　　論

台灣之蘆筍主要在中南部栽培。台灣中南部全年氣溫甚高，蘆筍之生態沒有明顯之分化，於水分充足時，全年可做植生生長。蘆筍嫩莖全年均可發生，且其生長所需之能源，形式上直接由地上部擬葉行光合作用供應。嫩莖之品質以多汁少纖維爲佳，要達到此目的，必須使嫩莖快速生長；尤其在高溫下，纖維素之合成速度相對地快。故如嫩莖之生長阻滯時，常使蘆筍含多量之纖維。例如美國加州由於乾旱，嫩莖之生長阻滯而產生質地較粗的蘆筍。要達到嫩莖快速生長的目的有兩種可能。即依本實驗討論一，2節及五、六節之結果，由鬚根吸收之無機營養分皆直接移運到擬葉中，因此可於擬葉生長及工作期間供給充足的無機營養分，使光合成器官充分擴展及充分工作，期能有大量光合作用所固定的能源可用於嫩莖之生長。這種方法爲現行之栽培方法。其缺點爲：嫩莖全年發生，而且品質受氣候之影響，有極大的變動範圍。由本實驗之結果，有一新的栽培方法似可試行。即蘆筍在有充分無機營養及水分存在下，嫩莖可充分正常發展。在所預定擬葉數完全長成後，如予控制土壤水分，則嫩莖不再繼續發生。此時地上部之淨光合作用產物，可移運到儲藏根中蓄積。地上部擬葉經一段時期之工作後衰老，即在高溫下仍可有和休眠一樣的生理反應。此時如再予灌溉水分，則整株蘆筍即開始復蘇。「雨後春筍」般接二連三發芽長出；尤其與灌溉同時使用氮素肥料時，其效果更顯著。此一栽培法之優點爲嫩莖因有短時間內可大量供應之來自儲藏根之能源而能使生長快速，形成大而嫩的產品。另一方面除去地上老莖後，可以使田間工作容易，控制工作時間之集中及齊一產品之供給時間及改進產品之品質。此點在農工業互相配合上極爲有利。

從實驗結果一、2節及三、五節之結果可以推斷，許多無機營養分經鬚根吸收後，都直接移運到生長點。故要控制硝酸根等之轉運蓄積於嫩莖，使其不致因營硝酸根代謝而產生多量有機酸，必先要使於嫩莖形成期間減少硝酸根之吸收。此時如利用控制水分，調節蘆筍植物之分化則可達此目的。即當地上部做工作的擬葉於缺少水分下營光合作用期間，使其耗用土壤中之硝酸根，爲此可調節氮肥之施用時期，則當要生產嫩莖而再灌溉時，一方面將一部分硝酸根洗去，以避免硝酸之供應。另一方面施用氨態氮肥以促進根系中某些液化酵素系統以動員儲藏用於嫩莖之發生及生長。如此所得之產品可避免硝酸根之蓄積及其代謝之後果，因而使蘆筍適於做爲製罐材料，消除食品工業技術上之困擾，同時提高產品之品質。

參考文獻

1. A.O.A.C., Methods of Analysis, 11 th. ed. p 377 f.
2. Chang P.Y. et al, Model test studies on the detinning of canned asparagus, J. Chin. Agr. Soc., sp. Iss. ; 1970) 65 - 84
3. Chang P.Y., Studies on the detinning of canned asparagus, Report, Food research and developement Institute, No. 33 (1972) 1-19
4. Hanna G.C., Correlation studies of asparagus comparing yields of various shooter periods with ten-year yields. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 41 (1941) 321-323
5. Li I. T., Soil and Fertilizer Communication, (1968) 1771-1777
6. Richter G., 〃Stoffwechselphysiologie der Pflanze〃 Georg-Thime Verlag, (1969)
7. Sawada E., 〃Asparagus〃, Seibundo, Tokyo (1962)
8. Scheffer F. et al, Die Bestimmung von Phosphorsäure und Kieselsäure als Molybdänblau. Landwrtsch. Forsch. 13 (1960) 191 - 201

9. Scott L. E., Carbohydrate reserve of asparagus crowns. Del. Bd. Agr. B., 44(1954) 29 - 34
10. Thompson H. C. and W. C. Kelly, 〃Vegetable crops〃, McGraw-Hill, (1957) pp. 186 - 204
11. Tiedjens V. A., Some observstions on the root and crown bud formation in *Asparagus officinalis*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 21 (1926) 104
12. Woolley J. T. et al, Rapid determination of nitrate and nitrite in plant material. Agr. and Food Chem. 8 (1960) 481 - 482

Summary

1. From the observation of both field and pot experiments, it is concluded, that if the asparagus is cultivated under certain water stressed condition, no more sprout will develope just like the dormancy of asparagus during the winter season in the north. So that the excess of photosynthetate of the intact vegetative parts could accumulate in the storage roots to form reserve. If water stress should prolonged for 2 - 3 months, the vegetative parts will finally wilt. If the culture should then be irrigated, sprout developement will be triggered. This fact can be advantagously applied for a new asparagus cultivation practice.
2. The summer of 1972 in southern part of Taiwan was very rainy that the soil nitrogen was severely impoverished by leaching. After every application of nitrogeneous fertilizer, the yield of spear increased accordingly. This fact suggests, that nitrogen has an effect on the mobilization of root storage and sprouting initiation. The combination of above mentioned irrigation to water stressed asparagus culture with simultaneous nitrogen application resulted vigorous sprouting.
3. Nitrate nitrogen promotes the shoot growth, while ammonium nitrogen promotes the root growth. Asparagus spear from nitrate nutrition plant has more ash content and titratable acids, thus its quality is inferior for canned processing.
4. There is a positive reserve formation in the younger roots, while a negative reserve formation in the older storage roots. The maximum reserve had reached in the storage roots of older shoot which developed 3 - 4 prior to the youngest shoot.
5. Using radioactive phosphorus - 32 as tracer, the nature of distribution and transport rout of the newly absorbed mineral nutrients was investigated. Evidences suggest that the nutrients absorbed by fibrous root was directly translocated to the growing tissue through the vessels of the stele of storage root, which is directly connected to the fibrous root. Thus the nitrate in asparagus spear has its origin from the culture medium. The nitrate content of asparagus spear is proportional to the nitrate concentration in soil solution.